

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EV327880788US

Applicant : Masayoshi Shono
Application No. : N/A
Filed : March 17, 2004
Title : TRANSMIT-RECEIVE FM-CW RADAR APPARATUS

Grp./Div. : N/A
Examiner : N/A

Docket No. : 52187/DBP/A400

LETTER FORWARDING CERTIFIED
PRIORITY DOCUMENT

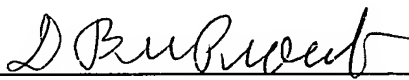
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

PostOffice Box 7068
Pasadena, CA 91109-7068
March 17, 2004

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2003-078246, which was filed on March 20, 2003, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,
CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By 
D. Bruce Prout
Reg. No. 20,958
626/795-9900

DBP/aam
Enclosure: Certified copy of patent application
AAM PAS555637.1-*03/17/04 10:46 AM

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月20日
Date of Application:

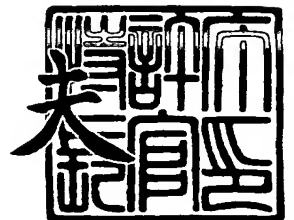
出願番号 特願2003-078246
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-078246]

出願人 富士通テン株式会社
Applicant(s):

2004年 1月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3109204

【書類名】 特許願

【整理番号】 1033190

【提出日】 平成15年 3月20日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G01S 13/34
G01S 13/93

【発明の名称】 送受信共用FM-CWレーダ装置

【請求項の数】 23

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号 富士通テ
ン株式会社内

【氏名】 生野 雅義

【特許出願人】

【識別番号】 000237592

【氏名又は名称】 富士通テン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100108383

【弁理士】

【氏名又は名称】 下道 晶久

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814498

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 送受信共用FM-CWレーダ装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサの入力側にそれぞれに設けられた複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記IF信号を前記複数のスイッチによって異なるモードで選択し前記複数のミキサの各々に供給する、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項2】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサのそれぞれのローカル信号のデューティ比を制御する複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記複数のミキサの各々が異なるモードのローカル信号で前記IF信号をダウンコンバートする、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項3】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサのそれぞれのローカル信号の位相を制御する複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記複数のミキサの各々が異なるモードのローカル信号で前記IF信号をダウンコンバートする、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項4】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサの入力側に設けられ該複数のミキサに切り替え接続しそれぞれのミキサに前記IF信号を供給する切替スイッチ、及び該切替スイッチが該複数のミキサのそれぞれに接続するタイミングを制御する切替制御部を備え、前記IF信号を前記切替スイッチによって異なるモードで選択し前記複数のミキサの各々に供給する、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項5】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレ

ーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサの入力側に設けられたスイッチ、及び該スイッチをオン、オフ制御するとともに該オン、オフのモードを切り替え選択するモード切替部を備え、該モード切替部で切替選択されたモードで I F 信号を選択し前記ミキサに供給する、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 6】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用 F M - C W レーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのローカル信号のデューティ比を制御するスイッチ、及び該スイッチをオン、オフ制御するとともに該オン、オフのモードを切り替え選択するモード切替部を備え、前記モード切替部で切替選択されたモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 7】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用 F M - C W レーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのローカル信号の位相を制御するスイッチ、及び該スイッチをオン、オフ制御するとともに該オン、オフのモードを切り替え選択するモード切替部を備え、前記モード切替部で切替選択されたモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 8】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用 F M - C W レーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサの入力側に設けられたスイッチ、及び該スイッチを特定のモードでオン、オフ制御するモード制御部を備え、該特定のモードで I F 信号を選択し前記ミキサに供給する、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 9】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用 F M - C W レーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのローカル信号のデューティ比を制御するスイッチ、及び該スイッチを特定のモードでオン、オフ制御するモード制御部を備え、該特定のモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 10】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用 F M - C W レーダ装置であって、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのロ

ーカル信号の位相を制御するスイッチ、及び該スイッチを特定のモードでオン、オフ制御するモード制御部を備え、該特定のモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする、送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 1】 前記各ミキサにそれぞれフィルタを接続し、該フィルタはそれぞれ該各ミキサに対応する前記モードに合わせた特性を有する、請求項 1 - 4 のいずれか 1 項に記載の送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 2】 前記異なるモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する遠距離モードである、請求項 1 又は 4 に記載の送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 3】 前記異なるモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする遠距離モードである、請求項 2 又は 3 に記載の送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 4】 前記切替選択されるモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する遠距離モードのいずれか 1 つである、請求項 5 に記載の送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 5】 前記モード切替部は、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する遠距離モードに、順次周期的に切り替える、請求項 5 に記載の送受信共用 F M - C W レーダ装置。

【請求項 1 6】 前記モード切替部はターゲットの距離に合わせて、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する中距離モード、及び遠距離ターゲットか

らの信号を含む I F 信号を選択する遠距離モードのいずれか 1 つに切り替える、請求項 5 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 17】 前記切替選択されるモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする遠距離モードのいずれか 1 つである、請求項 6 又は 7 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 18】 前記モード切替部は、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする遠距離モードに、順次切り替える、請求項 6 又は 7 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 19】 前記モード切替部はターゲットの距離に合わせて、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする遠距離モードのいずれか 1 つに切り替える、請求項 6 又は 7 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 20】 前記特定のモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する中距離モード、又は遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号を選択する遠距離モードのいずれか 1 つである、請求項 8 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 21】 前記特定のモードは、近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする近距離モード、中距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする中距離モード、及び遠距離ターゲットからの信号を含む I F 信号をダウンコンバートする遠距離モードのいずれか 1 つである、請求項 9 又は 10 に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 22】 前記近距離ターゲットからの信号を含む I F 信号は、受信

された反射波の前端部から約 $1/3$ の部分に相当する IF 信号であり、前記中距離ターゲットからの信号を含む IF 信号は、受信された反射波の前端部から約 $2/3$ の部分に相当する IF 信号であり、前記遠距離ターゲットからの信号を含む IF 信号は、受信された反射波の全部分に相当する IF 信号である、請求項 12 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【請求項 23】 前記近距離ターゲットからの信号を含む IF 信号は、受信された反射波の前端部から約 $1/3$ の部分に相当する IF 信号であり、前記中距離ターゲットからの信号を含む IF 信号は、受信された反射波の前端部から約 $1/3$ ~ 約 $2/3$ の部分に相当する IF 信号であり、前記遠距離ターゲットからの信号を含む IF 信号は、受信された反射波の前端部から約 $2/3$ ~ 約 $3/3$ の部分に相当する IF 信号である、請求項 12 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の送受信共用 FM-CW レーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、連続波 (CW) を周波数変調 (FM) した送信信号を用いる FM-CW レーダ装置であって、時分割により送受信を切り替える送受信共用 FM-CW レーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

目標物体であるターゲットとの相対速度、距離等を計測するレーダとして、FM-CW レーダ装置が用いられている。この方式のレーダは、簡単な信号処理回路により先方車両との相対速度及び距離を測定することができ、また、送受信機も簡単に構成できるため、自動車の衝突防止用レーダとして用いられている。

【0003】

送受信共用 FM レーダとして、送受信共用アンテナが受信した反射 FM 周波数を時分割的に間欠的に増幅しながら共通のミキサに供給するための高周波、高利得の受信増幅回路を必要としない時分割型 FM レーダシステムが開示されている (特許文献 1)。

また、FM-AM変換ノイズをビート信号から引き算し、ビート信号をA/D変換器に入力する前にFM-AM変換ノイズを除去する、FM-CWレーダ装置が開示されている（特許文献2）。

また、送受信間のノイズ成分の回り込みを低減できる送受信共用FM-CWレーダ装置が開示されている（特許文献3）。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-90397号公報

【特許文献2】

特開2002-189074号公報

【特許文献3】

特許第3011164号

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、送受信共用FM-CWレーダ装置において、FM-AM変換ノイズを低減することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明による時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置は、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサの入力側にそれぞれに設けられた複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記IF信号を前記複数のスイッチによって異なるモードで選択し前記複数のミキサの各々に供給する。

また、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサのそれぞれのローカル信号のデューティ比又は位相を制御する複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記複数のミキサの各々が異なるモードのローカル信号で前記IF信号をダウンコンバートする。

また、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサの入力

側に設けられ該複数のミキサに切り替え接続しそれぞれのミキサに前記 I F 信号を供給する切替スイッチ、及び該切替スイッチが該複数のミキサのそれぞれに接続するタイミングを制御する切替制御部を備え、前記 I F 信号を前記切替スイッチによって異なるモードで選択し前記複数のミキサの各々に供給する。

また、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサの入力側に設けられたスイッチ、及び該スイッチをオン、オフ制御するとともに該オン、オフのモードを切り替え選択するモード切替部を備え、該モード切替部で切替選択されたモードで I F 信号を選択し前記ミキサに供給する。

また、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのローカル信号のデューティ比又は位相を制御するスイッチ、及び該スイッチをオン、オフ制御するとともに該オン、オフのモードを切り替え選択するモード切替部を備え、前記モード切替部で切替選択されたモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする。

また、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサの入力側に設けられたスイッチ、及び該スイッチを特定のモードでオン、オフ制御するモード制御部を備え、該特定のモードで I F 信号を選択し前記ミキサに供給する。

また、I F 信号をダウンコンバートするミキサ、該ミキサへのローカル信号のデューティ比又は位相を制御するスイッチ、により I F 信号をダウンコンバートするタイミングを制御するスイッチ、及び該スイッチを特定のモードでオン、オフ制御するモード制御部を備え、該特定のモードのローカル信号で前記 I F 信号をダウンコンバートする。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明によるレーダ装置について説明する前に、FM-CWレーダの原理について説明する。

FM-CWレーダは、例えば三角波形状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットである前方の車両との距離を求めている。即ち、レーダからの送信波が前方の車両で反射され、反射波の受信信号と送信信号をミキシングして得られるビート信号（レーダ信号）を得る。このビート信号を高速フーリエ変換

して周波数分析を行う。周波数分析されたビート信号はターゲットに対してパワーが大きくなるピークが生じるが、このピークに対する周波数をピーク周波数と呼ぶ。ピーク周波数は距離に関する情報を有し、前方車両との相対速度によるドップラ効果のために、前記三角波形状のFM-CW波の上昇時と下降時とではこのピーク周波数は異なる。そして、この上昇時と下降時のピーク周波数から前方の車両との距離及び相対速度が得られる。また、前方の車両が複数存在する場合は各車両に対して一対の上昇時と下降時のピーク周波数が生じる。この上昇時と下降時の一対のピーク周波数を形成することをペアリングという。

【0008】

図1は、ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は三角波で図1の(a)の実線に示す様に周波数が変化する。送信波の送信中心周波数は f_0 、FM変調幅は Δf 、繰り返し周期は T_m である。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図1の(a)の破線で示す受信波となる。ターゲットとの間の往復時間 T は、ターゲットとの間の距離を r とし、電波の伝播速度を C とすると、 $T = 2r / C$ となる。

【0009】

この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。

ビート信号の周波数成分 f_b は次の式で表すことができる。なお、 f_r は距離周波数である。

$$f_b = f_r = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \quad (1)$$

【0010】

一方、図2はターゲットとの相対速度が v である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は図2の(a)の実線に示す様に周波数が変化する。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図2の(a)の破線で示す受信波となる。この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。

【0011】

この場合、ターゲットとの間に相対速度 v を有するのでドップラーシフトとなり、ビート周波数成分 f_b は次の式で表すことができる。なお、 f_r は距離周波数、 f_d は速度周波数である。

$$f_b = f_r \pm f_d = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \pm (2 \cdot f_0 / C) v \quad (2)$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

f_b : 送信ビート周波数

f_r : 距離周波数

f_d : 速度周波数

f_0 : 送信波の中心周波数

Δf : FM変調幅

T_m : 変調波の周期

C : 光速 (電波の速度)

T : 物体までの電波の往復時間

r : 物体までの距離

v : 物体との相対速度

【0012】

図3は、1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダの構成の例を示したものである。図に示す様に、電圧制御発振器 (VCO) 2に変調信号発生器 (MOD) 1から変調信号を加えてFM変調し、変調されたFM変調波は方向性結合器3を経由して送受信アンテナ (ATR) から外部に送信されると共に、送信信号の一部は方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる。一方、物体から反射された反射信号は送受信アンテナ (ATR) を介して受信される。SW8は送受信切替スイッチであり、発振器で構成される送受信切替信号発生器 (OSC) 9からの信号により送受信を切り替える。OSC9はSW8をスイッチングさせ送受信を切り替えるため周波数 f_{sw} の変調信号を発生する。受信された信号は第1のミキサ4-1で電圧制御発振器 (VCO) 2の出力信号とミキシングされてIF信号が生成される。このIF信号は第2のミキサ4-2で、OSC9からの周波数 f_{sw} の変調信号と混合されてダウンコンバートされ、ビート信号が生成される。このビート信号はフィルタ (F) 5を介してA/D変換器 (A/

D) 6でA/D変換され、ディジタル信号処理部(DSP)7で高速フーリエ変換等により信号処理がされて距離および相対速度等が求められる。

【0013】

上記送受信アンテナから受信される受信信号の電力、及びビート信号の電力は以下ようになる。まず、受信信号の電力 P_r は次の式で表される。

$$P_r = \left[(G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma \cdot P_t) / \{ (4\pi)^3 \cdot r^4 \} \right] \cdot L_a \quad (3)$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

G：アンテナ利得

λ ：波長

σ ：反射物体の断面積

P_t ：送信電力

r：距離

L_a ：大気減衰率

また、ビート信号の出力 P_b は次の式で表される。

$$P_b = P_r \cdot C_{mix} \quad (4)$$

C_{mix} はミキサでの変換損失率である。

【0014】

図4は送信、受信等のタイミングを示した図である。図3のSW8は周波数 f_{sw} (周期 T_{sw})の信号によりスイッチングされ、送信と受信のタイミングを切り替える。図4(a)は送信タイミングの区間を示したものであり、(b)は送信波がターゲットに反射されて戻ってくるタイミングを示したものであり、(c)は受信タイミングの区間を示したものであり、この間に戻ってくる反射波はアンテナATRで受信されミキサに送られる。従って、(b)で示したタイミングで反射波が戻ってくると、実際に受信される反射波は(d)に示すとおりとなる。

【0015】

上記のように、1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダにおいては送信と受信のタイミングを交互に設け、送信波がターゲットに反射して戻ってくる反射波を受信する。また、受信のタイミングは送受切り替え周波数の周期 T_{sw} の半周期となるので、反射波の遅延時間が半周期のときに受信効率が最も良くなり、

遅延時間が1周期のときに受信ができなくなる。

従って、所望の検知距離を確保するためには、所望の検知距離からの反射波の遅延時間が送受信切り替え周波数の1周期以内となるような送受信切り替え周波数を選択しなければならない。その場合、遠距離にあるターゲットまで捕らえるには、低い送受信切り替え周波数を選択する。

【0016】

一方、1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダにおいては、FM-AM変換時に雑音が発生しS/N比が低下する。変換時の雑音の発生の原理について、図5、及び図6を参照して以下に説明する。

【0017】

図5は、図3に示した1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダの構成の一部を示したものである。図5に示す様に、電圧制御発振器(VCO)2に変調信号発生器(MOD)1から変調信号VTを加えてFM変調する。MOD1からは周波数fで出力Pの送信信号が出力され、送信信号の一部 αP ($\alpha < 1$)は方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる。受信された信号は第1のミキサ4-1で電圧制御発振器(VCO)2の出力信号とミキシングされてIF信号が生成される。このIF信号は第2のミキサ4-2で、OSC9からの周波数 f_{sw} の変調信号と混合されてダウンコンバートされ、電圧Vdのビート信号が生成される。

【0018】

図6は、上記変調信号VT、MOD1からの出力周波数fと出力P、第2のミキサ4-2の出力であるビート信号の電圧Vdの関係を説明するための図である。図6(a)はVTとfの関係を示したグラフである。VTが $V_a - V_b - V_c$ と変化すると $f_a - f_b - f_c$ と変化する。一方、VTが変化してもPは変化せず一定であるはずであるが、実際は(b)に示すように変化してしまう。

【0019】

また、Vdについては、VTが変化してもPが一定であればVdも一定であるが、(c)に示すようにPが変化してしまうのでVdも変化してしまう。そのため、VCO2に印加される電圧VTが(d)に示すように変化すると、第2のミキ

サ 4-2 の出力であるビート信号の電圧 V_d も、(e) に示すように変化する。この変化により FM-AM 変換雑音が生じ、この雑音がミキサの出力に含まれてしまうため S/N 比が低下してしまう。

本発明は、上記 FM-AM 変換雑音を低減し S/N 比を向上させるものである。以下、本発明の実施例を記載する。

【0020】

〔実施例 1〕

図 7 は本発明による送受信共用 FM-CW レーダの実施例 1 の構成を示した図である。図 3 に示された構成と異なるのは、信号を選択するための複数のスイッチ $S_1 \sim S_3$ 、それらに対応する複数の第 2 のミキサ 4-2 (1)~(3)、複数のフィルタ 5-1~3、及び A/D 変換器 6-1~3 を設けた点である。上記構成において、スイッチ $S_1 \sim S_3$ はそれぞれスイッチ制御部 $Ctr_1 \sim Ctr_3$ を備え、異なるモードでオン、オフ制御される。これによって第 1 のミキサ 4-1 から出力される IF 信号がそれぞれ異なるモードで選択され、選択された IF 信号は複数の第 2 のミキサ 4-2 (1)~(3) の各々に供給される。そして、該選択された IF 信号は第 2 のミキサ 4-2 (1)~(3) の各々で OSC 9 からの変調信号と混合されてダウンコンバートされ、ビート信号が生成される。生成されたビート信号は、フィルタ 5-1~3 及び A/D 変換器 6-1~3 でそれぞれ別個に処理される。

【0021】

ターゲットの距離が近いほど反射波は早く戻ってくる。図 8 は、ターゲットの距離に応じて反射波のうちどの部分が受信されるかを示したものである。

図 8 (d) は受信タイミングの区間を示したものであり (図 4 (c) と同じ)、(a) は近距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。(a) に示す波形からわかるように、近距離ターゲットからの反射波は受信タイミングの区間 $t_0 \sim t_3$ より早い $t_a \sim t_1$ 間に戻ってくる。しかし、反射波の一部 ($t_a \sim t_0$) 間は受信タイミングの区間 ($t_0 \sim t_3$) より早く戻って来ってしまうので受信されず、実際に受信される近距離ターゲットからの反射波は $t_0 \sim t_1$ 間のみとなる。

同様に、(b) は中距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。この場合、(b) に示す波形からわかるように、受信タイミングの区間より早い $t_b - t_2$ 間に戻ってくるので、実際に受信されるのは $t_0 - t_2$ 間のみとなる。

(c) は遠距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。この場合、受信タイミングの区間とほぼ同じ区間に戻ってくるので、反射波のほとんどが受信される。

なお、ここでいう近距離とは約 50 m まで、中距離とは約 50 m ~ 100 m、遠距離とは約 100 m 以上を目安としている。しかし、これらは一例であり、必ずしもこの距離に限定されるものではない。

近距離のターゲットからの信号は反射波の (a) に示された部分に含まれており、中距離のターゲットからの信号は反射波の (b) に示された部分に含まれており、遠距離のターゲットからの信号は反射波の (c) に示された部分に含まれている。

そこで、本発明では S1 ~ S3 を異なるモードでオン、オフすることによって IF 信号を選択し、近距離、中距離、及び遠距離ターゲットからの信号をそれぞれのみキサ 4-2 (1) ~ (3) に供給し、別個に処理することによって、FM-AM 再変換雑音を低減し S/N 比を向上させようとするものである。

【0022】

図 9 は、S1 ~ S3 のオン、オフ動作を示した図である。S1 は近距離ターゲットからの信号を含む IF 信号を選択するため、受信された反射波の前端部から約 1/3 の部分に相当する IF 信号を選択すべく $t_0 - t_1$ 間のみオンし、この部分の IF 信号のみを第 2 のみキサ 4-2 (1) に供給する（近距離モード）。S2 は中距離ターゲットからの信号を含む IF 信号を選択するため、受信された反射波の前端部から約 2/3 の部分に相当する IF 信号を選択すべく $t_0 - t_2$ 間のみオンし、この部分の IF 信号のみを第 2 のみキサ 4-2 (2) に供給する（中距離モード）。S3 は遠距離ターゲットからの信号を含む IF 信号を選択するため、受信された反射波の全部分に相当する IF 信号を選択すべく $t_0 - t_3$ 間のみオンし、この部分の IF 信号のみを第 2 のみキサ 4-2 (3) に供給する（遠距離モー

ド)。なお、 t_0-t_3 の区間は、(d)に示す受信タイミングの区間と同じである(受信タイミングの区間については、図4(c)参照)。

なお、スイッチ制御部Ctrl~Ctrl3は、OSC9からの周波数 f_{sw} の信号に基いて別々のモードでスイッチS1~S3をオン、オフ制御する。

【0023】

上記のように、ターゲットの距離に応じて反射波に含まれる信号を選択して供給しているので、受信タイミング期間に入力する反射波をすべて供給する場合より信号に含まれるFM-AM変換雑音を減らすことができ、S/N比を向上させることができる。

上記説明では、スイッチを3つ設けたが、距離に応じて適宜設けてもよい。例えば、近距離モード用と遠距離モード用の2つでもよく、あるいは近距離から遠距離を4つ以上のモードに分けてもよい。また、選択すべき反射波を1/3に区切って分けたが、これは単なる一例であり、例えば近距離、中距離、及び遠距離ターゲットからの信号を選択できるように分けられればよい。

【0024】

図7に示されているように、方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる信号は、受信タイミングの区間と関係なく常時出力される。しかし、本発明では第2のミキサ4-2に供給されて処理されるのは選択された信号だけであり、図9(c)に示すように最大でも t_0-t_3 の区間しか選択されず、区間 T_0 の間はFM-AM変換雑音を含んだ分岐部からの送信信号は供給されないため、その分雑音は低減される。

【0025】

図10は、図9に示したS1~S3のオン、オフ動作の変形例を示した図である。S1は近距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択するため、受信された反射波の前端部から約1/3の部分に相当するIF信号みを選択すべく t_0-t_1 間のみオンし(a)、この部分のIF信号のみを第2のミキサ4-2(1)に供給する(近距離モード)。S2は中距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択するため、受信された反射波の前端部から約1/3~約2/3の部分に相当するIF信号みを選択すべく t_1-t_2 間のみオンし(b)、この部分のIF信

号のみを第2のミキサ4-2(2)に供給する(中距離モード)。S3は遠距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択するため、受信された反射波の前端部から約2/3~約3/3の部分に相当するIF信号を選択すべく t_2-t_3 間のみオンし(c)、この部分のIF信号のみを第2のミキサ4-2(3)に供給する(遠距離モード)。なお、(d)は受信タイミングの区間である。

【0026】

〔実施例2〕

図11は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例2の構成を示した図である。複数の第2のミキサ4-2(1)~(3)、フィルタ5-1~3、A/D変換器6-1~3を設けた点は図7に示された構成と同じである。しかし、この実施例では複数の第2のミキサ4-2(1)~(3)のそれぞれが、異なるローカル信号でIF信号をダウンコンバートし、これによってIF信号から取り出す距離信号成分を選択し、DSPにおいて近距離、中距離、及び遠距離ターゲットからの信号を別個に処理している点が異なる。

S1~S3はOSC9と複数の第2のミキサ4-2(1)~(3)のそれぞれの間に接続され、制御部Ctrl~Ctr3によってそれぞれ異なるモードでオン、オフ制御される。そして、S1~S3がオンとなったときに複数の第2のミキサ4-2(1)~(3)のそれぞれがIF信号をダウンコンバートする。S1~S3は制御部Ctrl~Ctr3によってそれぞれ異なるモードでオン、オフ制御されるので、複数の第2のミキサ4-2(1)~(3)は異なるモードのローカル信号でIF信号をダウンコンバートする。制御部Ctrl~Ctr3はOSC9からの周波数 f_{sw} の信号に基づいてS1~S3をオン、オフ制御する。

【0027】

図11のS1~S3をオン、オフするタイミングは図9に示されたものと同じである。図9(a)に示すように、ミキサ4-2(1)が近距離ターゲットからの信号を含むIF信号をダウンコンバートするため、受信区間の前端部から約1/3に相当するデューティ比のローカル信号を生成すべくS1を t_0-t_1 間のみオンする(近距離モード)。ミキサ4-2(2)が中距離ターゲットからの信号を含むIF信号をダウンコンバートするため、受信区間の前端部から約2/3に相当

するデューティ比のローカル信号を生成すべく S_2 を $t_0 - t_2$ 間のみオンする（中距離モード）。ミキサ 4-2 (3) が遠距離ターゲットからの信号を含む IF 信号をダウンコンバートするため、受信区間の全体の部分に相当するデューティ比のローカル信号を生成すべく S_3 を受信タイミング区間である $t_0 - t_3$ の間オンする（遠距離モード）。

【0028】

図 11 の $S_1 \sim S_3$ をオン、オフするタイミングを図 10 に示されたものと同じとすることもできる。図 10 (a) に示すように、ミキサ 4-2 (1) が近距離ターゲットからの信号を含む IF 信号をダウンコンバートするため、受信区間の前端部から約 $1/3$ に相当デューティ比及び位相のローカル信号を生成すべく S_1 を $t_0 - t_1$ 間のみオンする（近距離モード）。ミキサ 4-2 (2) が中距離ターゲットからの信号を含む IF 信号をダウンコンバートするため、受信区間の前端部から約 $1/3 \sim 2/3$ に相当するデューティ比及び位相のローカル信号を生成すべく S_2 を $t_1 - t_2$ 間のみオンする (b)（中距離モード）。ミキサ 4-2 (3) が遠距離ターゲットからの信号を含む IF 信号をダウンコンバートするため、受信区間の前端部から約 $2/3 \sim 3/3$ に相当するデューティ比及び位相のローカル信号を生成すべく S_3 を $t_2 - t_3$ の間オンする (c)（遠距離モード）。(d) は受信タイミングの区間である。

なお、図 10 に示されたものはデューティ比はすべて同じで位相のみが異なる。

【0029】

〔実施例 3〕

図 12 は本発明による送受信共用 FM-CW レーダの実施例 3 の構成を示した図である。複数の第 2 のミキサ 4-2 (1)～(3)、フィルタ 5-1～3、A/D 変換器 6-1～3 を設けた点は図 7 に示された構成と同じである。本実施例では切替スイッチ S を設け、これを切り替えて複数の第 2 のミキサ 4-2 (1)～(3) のそれぞれに接続する構成となっている。そして、切替スイッチが第 2 のミキサ 4-2 (1)～(3) のそれぞれに接続するタイミングを制御することによって、IF 信号を異なるモードで選択し、第 2 のミキサ 4-2 (1)～(3) のそれぞれに供給している。

【0030】

図13は図12に示されたSWを切り替えるタイミングを説明するための図である。切替スイッチSの切替は切替制御部(SWc)10によって制御され、SWc10はOSC9からの周波数 f_{sw} の変調信号に基いてSの切替のタイミングを制御する。

図13において、(b)は受信タイミングの区間を表しており、(a)はSが切り替わるタイミングを表している。Sは受信タイミングの区間の前端部から約 $1/3$ の t_0-t_1 間のみミキサ4-2(1)に接続し、近距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択してダウンコンバートする。次に、Sは受信タイミングの区間のうち前端部から約 $1/3 \sim 2/3$ の t_1-t_2 間のみミキサ4-2(2)に接続し、中距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択してダウンコンバートする。次に、Sは受信タイミングの区間のうち前端部から約 $2/3 \sim 3/3$ の t_2-t_3 間のみミキサ4-2(3)に接続し、遠距離ターゲットからの信号を含むIF信号を選択してダウンコンバートする。

【0031】

〔実施例4〕

図14は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例4の構成を示した図である。この実施例では、モード切替部(MDsw)11を設け、切替選択されたモードに基いてSのオン、オフを制御するようにしたものである。

この実施例では、MDsw11によって切替選択されたモード、例えば、近距離モード、中距離モード、遠距離モードに応じて、スイッチSのオン、オフのタイミングを変化させる。

【0032】

各モードによるSのオン、オフのタイミングは、図9に示されたものと同じである。MDsw11はOSC9からの周波数 f_{sw} の変調信号に基いて制御する。

上記モードの切替は、ターゲットの距離に基いて行うことができる。例えば、ターゲットが近距離であれば近距離モードにする。また、近距離モード、中距離モード、遠距離モードの順に周期的に切り替えることもできる。

なお、各モードのSのオン、オフのタイミングを、図10に示されたオン、オ

フのタイミングで行ってもよい。

【0033】

〔実施例5〕

図15は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例5の構成を示した図である。この実施例では、モード切替部(MDsw)11を設け、MDsw11によって切替選択されたモードに基いてSのオン、オフを制御し、第2のミキサ4-2でIF信号をダウンコンバートするローカル信号を制御するようにしたものである。

この実施例では、MDsw11によって切替選択されたモードに基き、第2のミキサ4-2がIF信号をダウンコンバートするローカル信号を、スイッチSをオン、オフすることによって制御し、これによってダウンコンバートするIF信号から取り出す距離信号を選択し、近距離、中距離、又は遠距離ターゲットからの信号を別個に処理している。

上記モードの切替は、ターゲットの距離に基いて行うことができる。例えば、ターゲットが近距離であれば近距離モードにする。また、近距離モード、中距離モード、遠距離モードの順に周期的に切り替えることもできる。

なお、MDsw11はOSC9からの周波数 f_{sw} の信号に基いてSを制御する。

Sのオン、オフのタイミングは実施例4の場合と同じである。即ち、図9、又は図10に示したタイミングで行われる。

【0034】

〔実施例6〕

図16は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例6の構成を示した図である。この実施例は図14に示した実施例4の変形であり、モード切替器11の代わりに特定のモードによるモード制御部(MD)12を設け、特定のモードに基いてSのオン、オフを制御するようにしたものである。

例えば、特定のモードとしてMD12を近距離モードの制御器とすれば、Sのオン、オフのタイミングは、図9(a)、又は図10(a)に示されたタイミングとなる。また、MD12を中距離モードの制御器とした場合には、図9(b)

又は図10(b)に示されたタイミングでSWがオン、オフされ、遠距離モードの制御器とした場合には、図9(c)又は図10(c)に示されたタイミングでSがオン、オフされる。

なお、MD12はOSC9からの周波数 f_{sw} の信号に基き、特定のモードでSを制御する。

【0035】

〔実施例7〕

図17は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例7の構成を示した図である。この実施例は、図15に示した実施例5の変形であり、モード切替器11の代わりに特定のモードによるモード制御部(MD)12を設け、特定のモードに基いてSのオン、オフを制御するようにしたものである。

例えば、特定のモードとしてMD12を近距離モードの制御器とすれば、Sのオン、オフのタイミングは、図9(a)、又は図10(a)に示されたタイミングとなる。また、MD12を中距離モードの制御器とした場合には、図9(b)又は図10(b)に示されたタイミングでSがオン、オフされ、遠距離モードの制御器とした場合には、図9(c)又は図10(c)に示されたタイミングでSがオン、オフされる。

なお、MD12はOSC9からの周波数 f_{sw} の信号に基き、特定のモードでSWを制御する。

【0036】

〔実施例8〕

図18は本発明による送受信共用FM-CWレーダの実施例8によるフィルタの特性を示した図である。実施例8は、図7、図11、図12に示された構成の送受信共用FM-CWレーダにおいて、各ミキサにそれぞれ設けられたフィルタの特性を各モードに合わせて変えることによって、FM-AM変換雑音を効率良く低減するものである。

【0037】

図18に示すフィルタの特性において、(a)は近距離ターゲットからの信号を含むビート信号のためのフィルタの特性であり、(b)は中距離ターゲットか

らの信号を含むビート信号のためのフィルタの特性であり、(c)は遠距離ターゲットからの信号を含むビート信号のためのフィルタの特性である。雑音は近距離ターゲットからの信号を含むビート信号に多く含まれている。そのため、(b)及び(c)に示されているように、中距離用フィルタ及び遠距離用フィルタの特性を、ビート信号の低周波成分をカットする特性とし、近距離ターゲットからの信号をカットし、そこに含まれる雑音を除去している。

【0038】

【発明の効果】

上記のように、本発明によれば、送受共用FM-CWレーダにおいて、近距離、中距離、遠距離等、ターゲットの距離に応じて、信号を別々に処理しているのでFM-AM変換雑音を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

【図2】

ターゲットとの相対速度が v である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

【図3】

1 アンテナ方式送受信共用FM-CWレーダの構成の例を示した図である。

【図4】

送信、受信等のタイミングを示した図である。

【図5】

図3に示した1 アンテナ方式送受信共用FM-CWレーダの構成の一部を示した図である。

【図6】

変調信号 V_T 、変調信号発生器からの出力周波数 f と出力 P 、ミキサの出力電圧 V_d の関係を説明するための図である。

【図7】

本発明の実施例 1 の構成を示した図である。

【図 8】

反射波のどの部分に近距離、中距離、遠距離ターゲットからの信号が含まれているかを示した図である。

【図 9】

近距離、中距離、遠距離ターゲットからの信号を受信するための、スイッチ S 1 ～ S 3 のオン、オフ動作を示した図である。

【図 1 0】

近距離、中距離、遠距離ターゲットからの信号を受信するための、スイッチ S 1 ～ S 3 のオン、オフ動作を示した図である。

【図 1 1】

本発明の実施例 2 の構成を示した図である。

【図 1 2】

本発明の実施例 3 の構成を示した図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示されたスイッチ S を切り替えるタイミングを説明するための図である。

【図 1 4】

本発明の実施例 4 の構成を示した図である。

【図 1 5】

本発明の実施例 5 の構成を示した図である。

【図 1 6】

本発明の実施例 6 の構成を示した図である。

【図 1 7】

本発明の実施例 7 の構成を示した図である。

【図 1 8】

本発明の実施例 8 の構成を示した図である。

【符号の説明】

1 …変調信号発生器

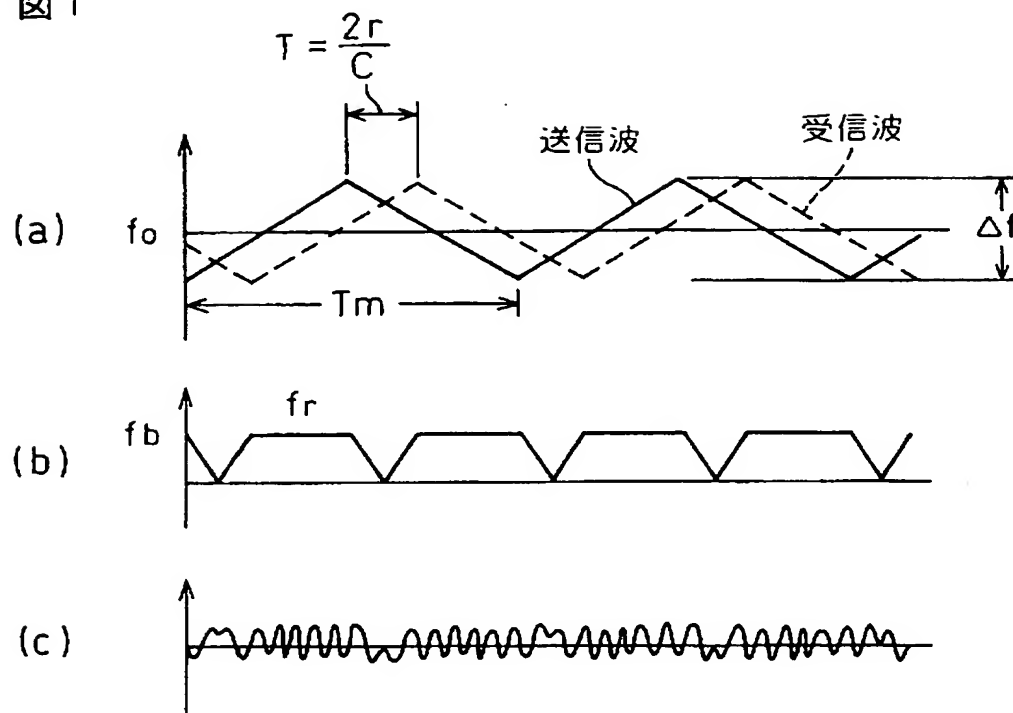
2 …電圧制御発信器
3 …方向性結合器
4 - 1 …第 1 のミキサ
4 - 2 …第 2 のミキサ
5 …フィルタ
6 …A / D 変換器
7 …デジタル信号処理部
8 …送受信切替スイッチ
9 …送受信切替信号発生器
1 0 …切替制御部
1 1 …モード切替部
1 2 …モード制御部
A T R …送受信アンテナ
S …スイッチ
C t r …制御部

【書類名】

図面

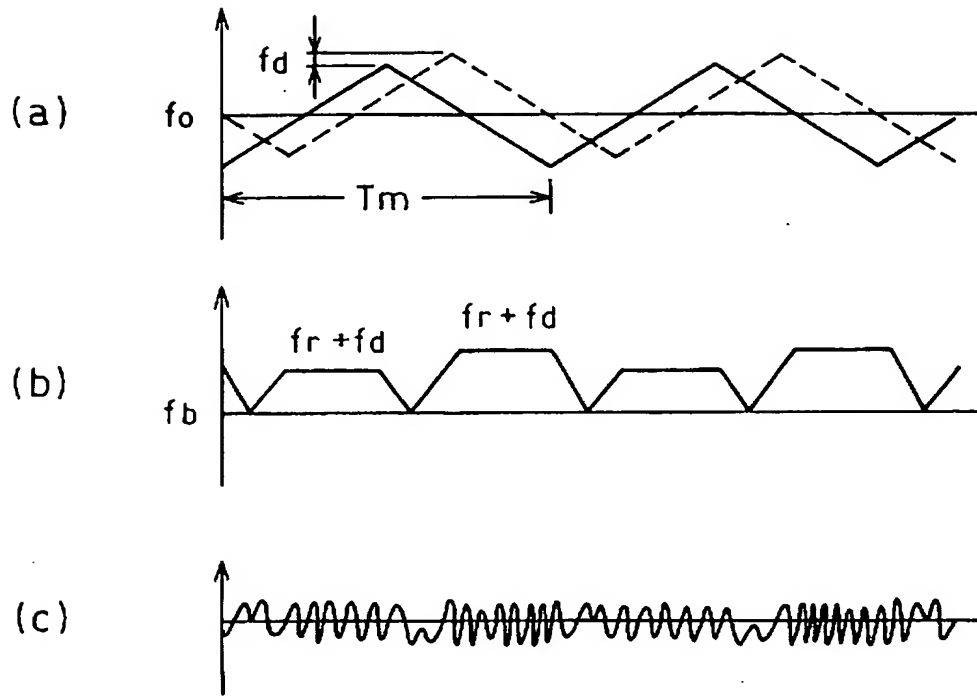
【図 1】

図 1



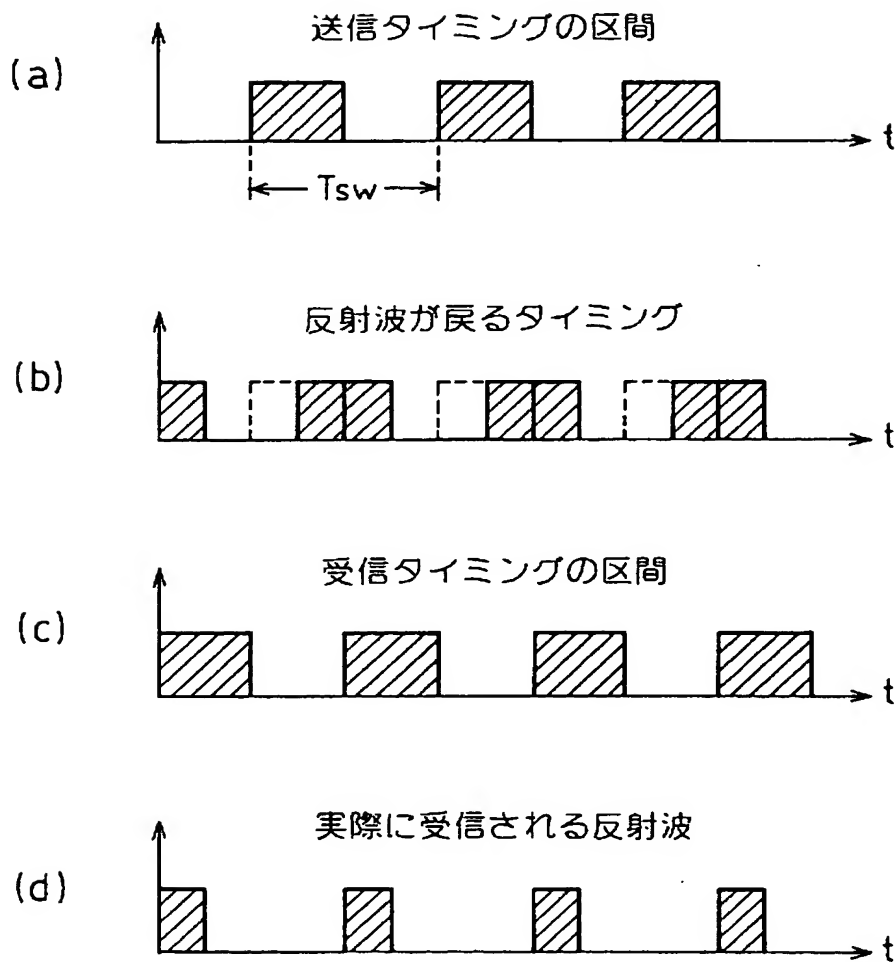
【図 2】

図 2



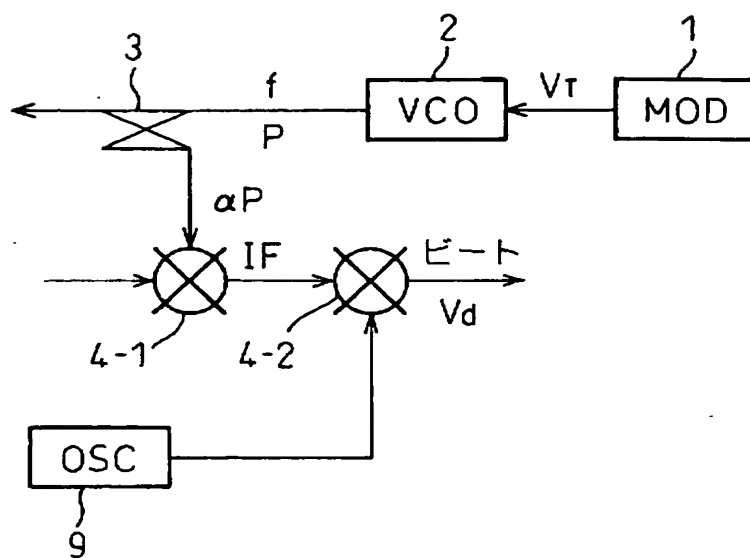
【図 4】

図 4



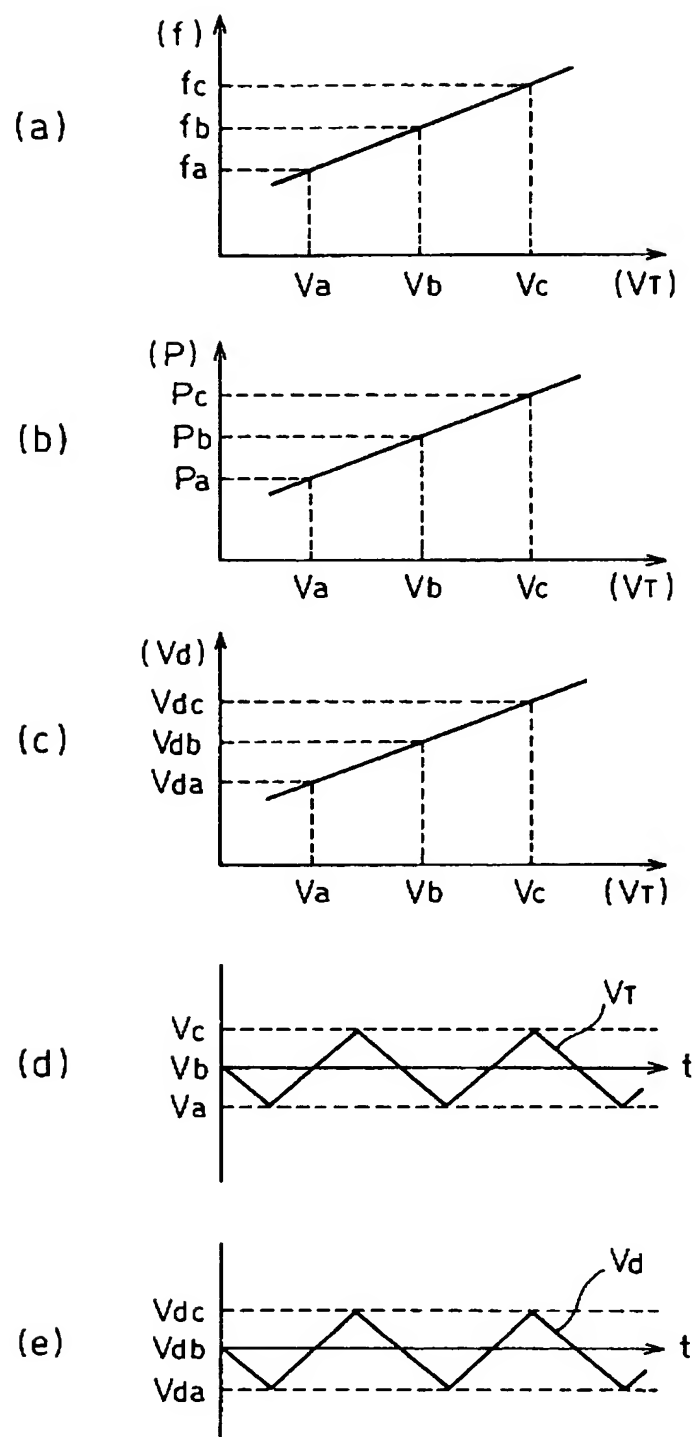
【図 5】

図 5



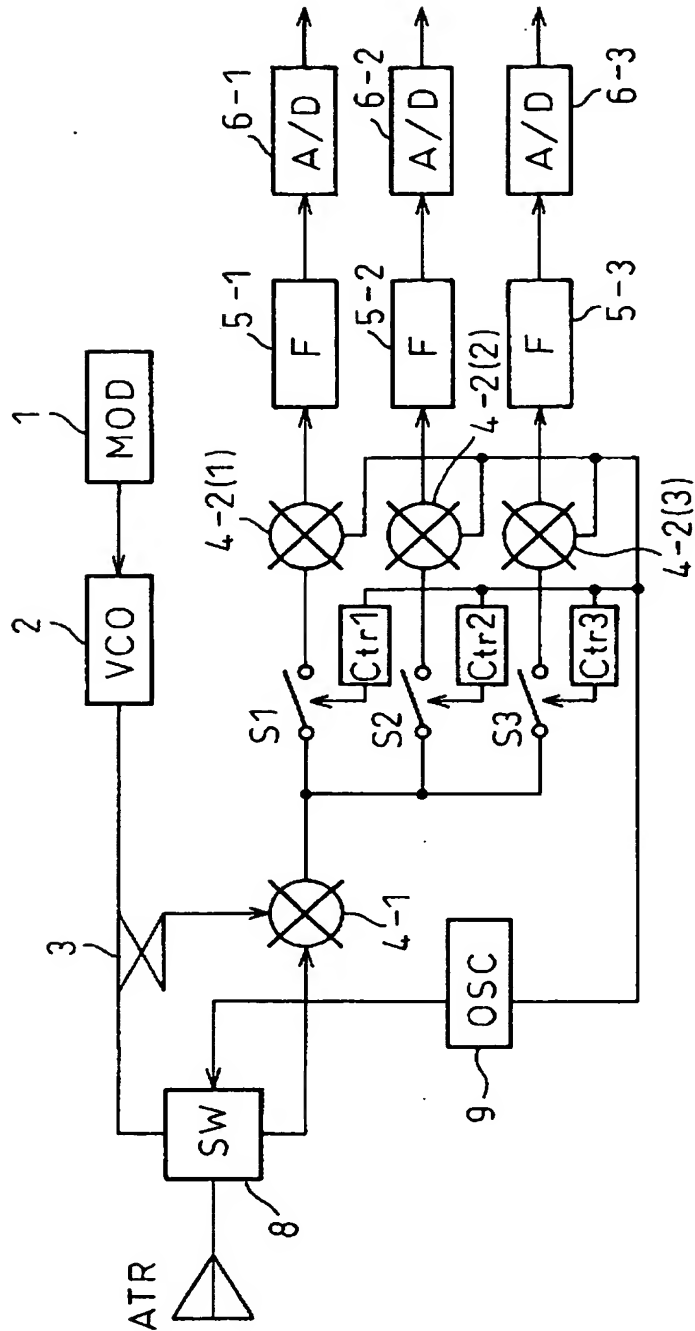
【図 6】

図 6



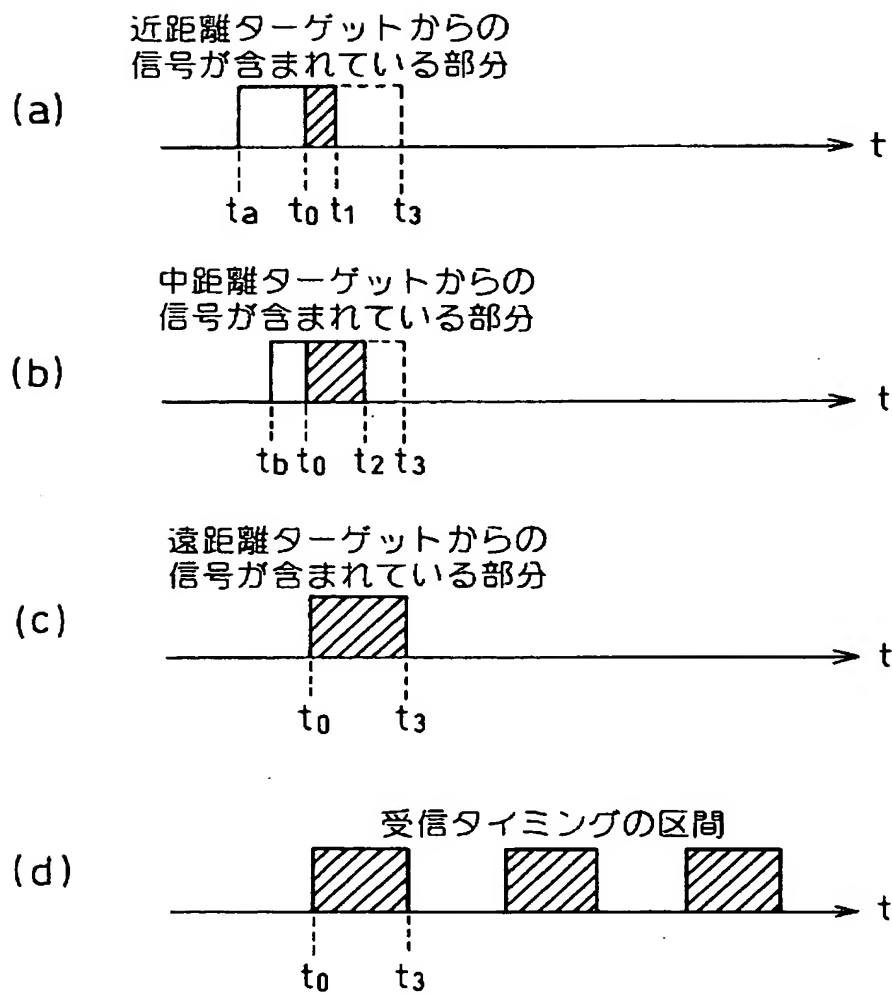
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図 9】

図 9

(a)

S1



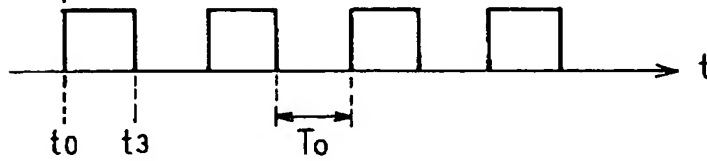
(b)

S2



(c)

S3



(d)



【図 10】

図 10

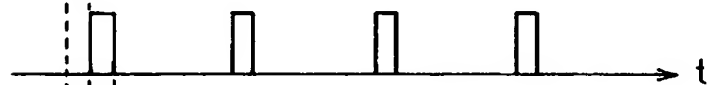
(a)

S1



(b)

S2



(c)

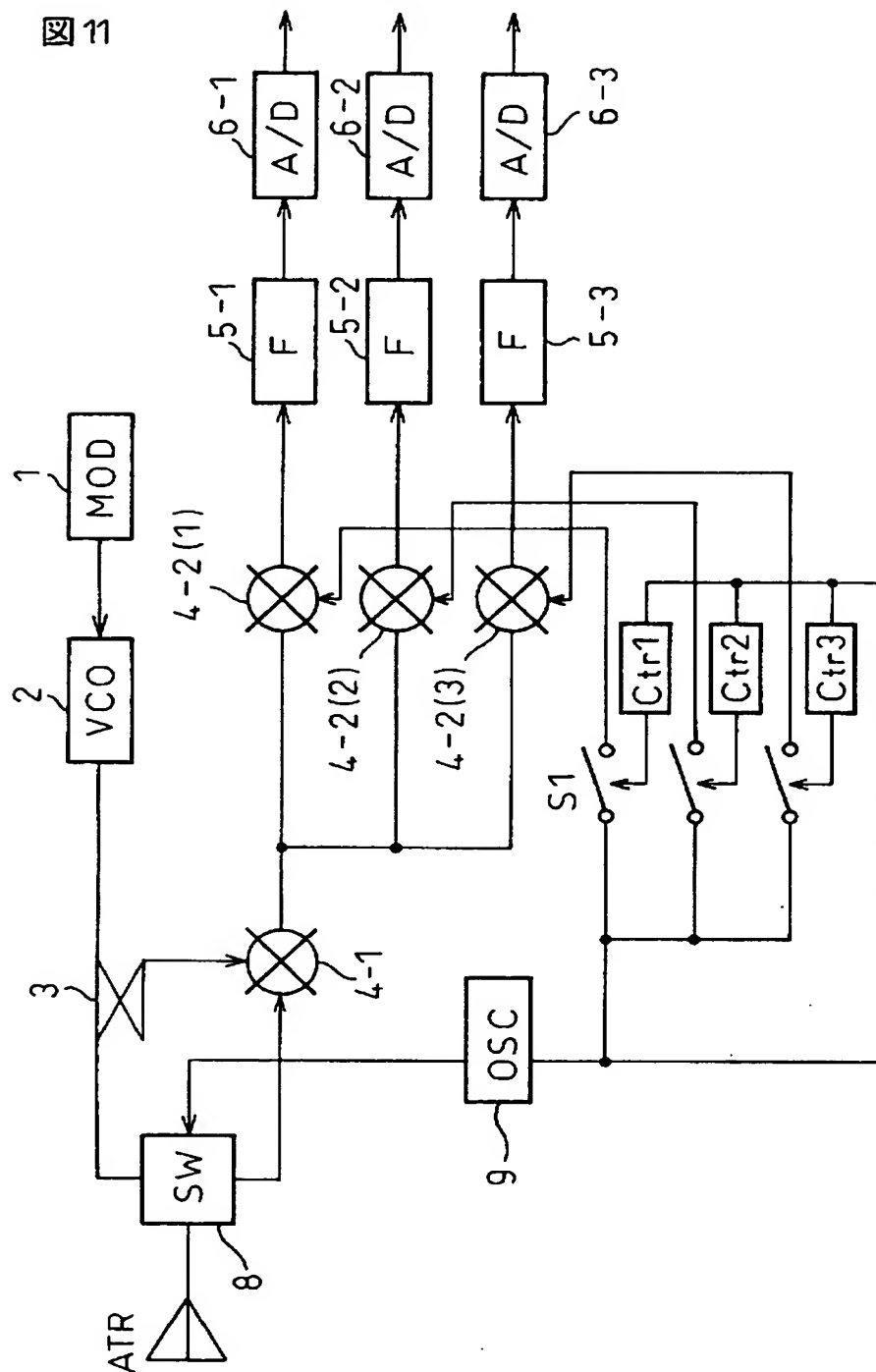
S3



(d)

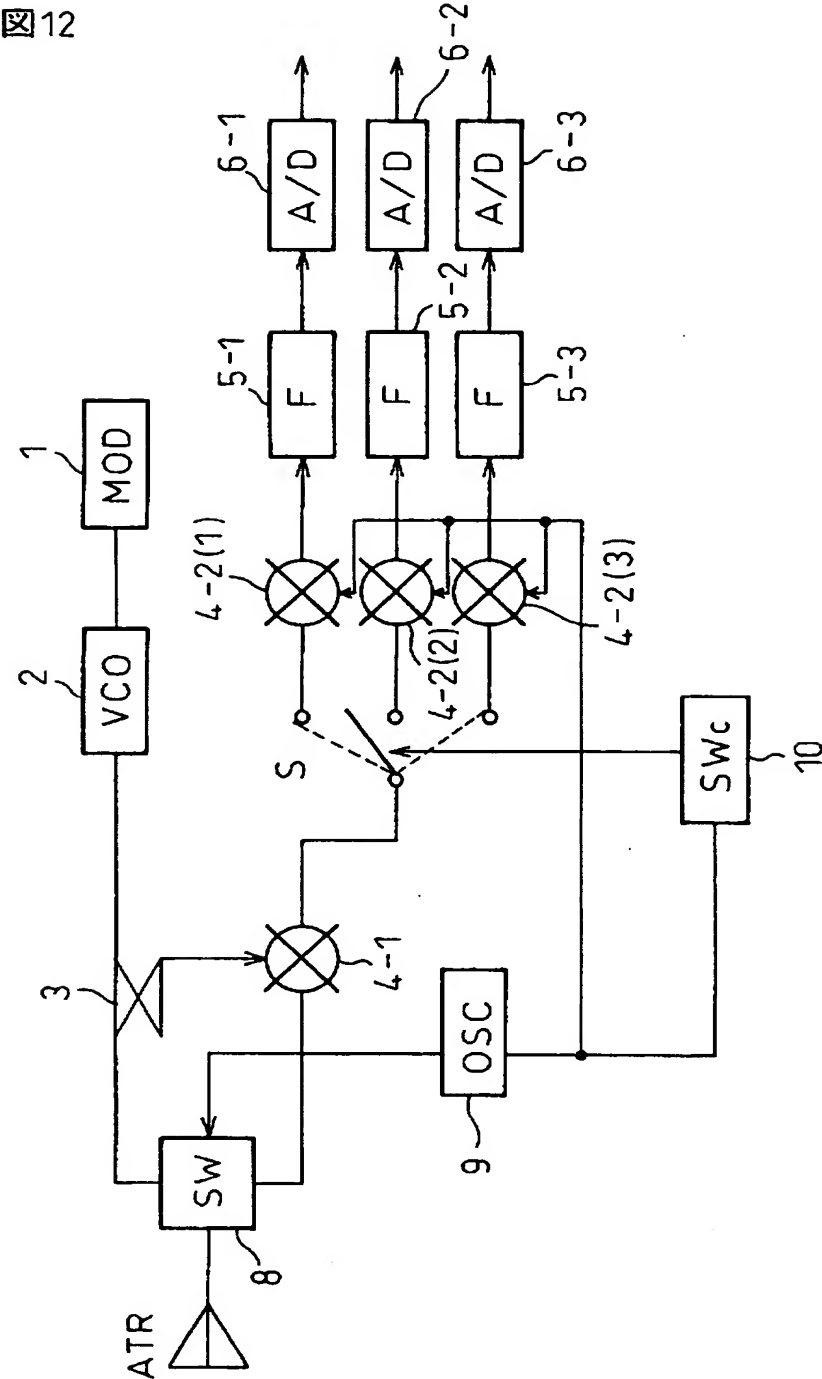


【図 11】



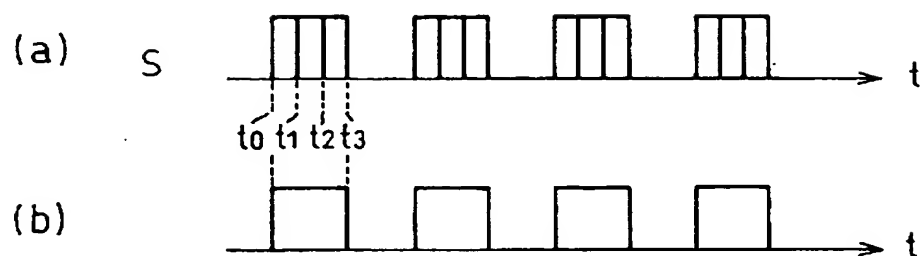
【図 12】

図 12



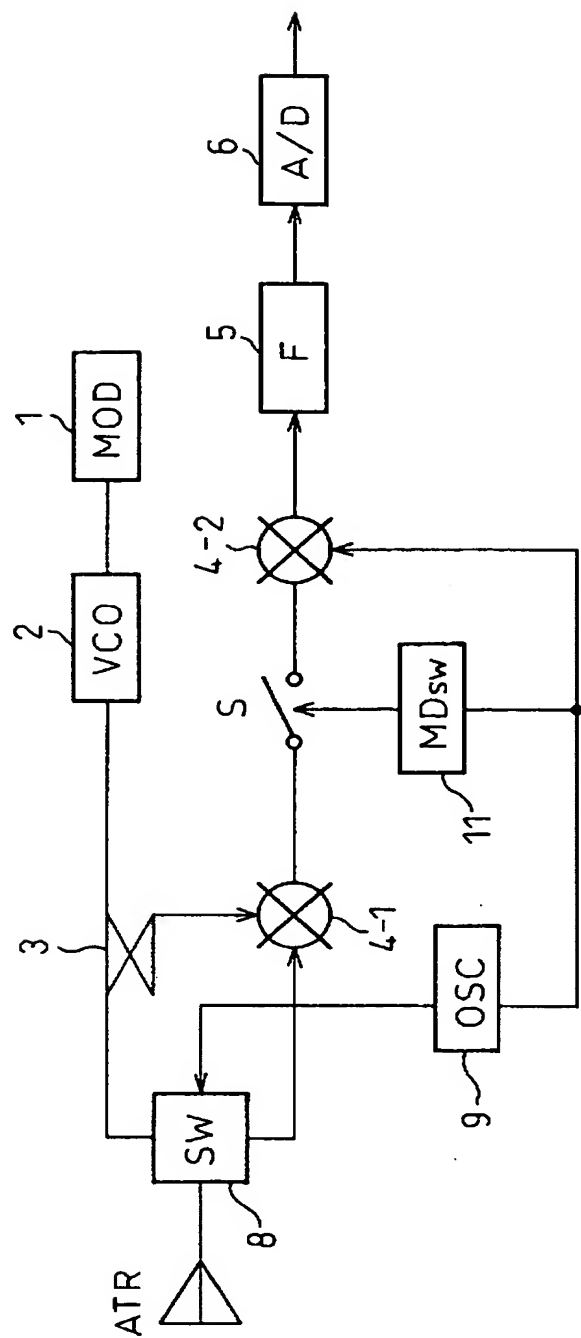
【図 13】

図13



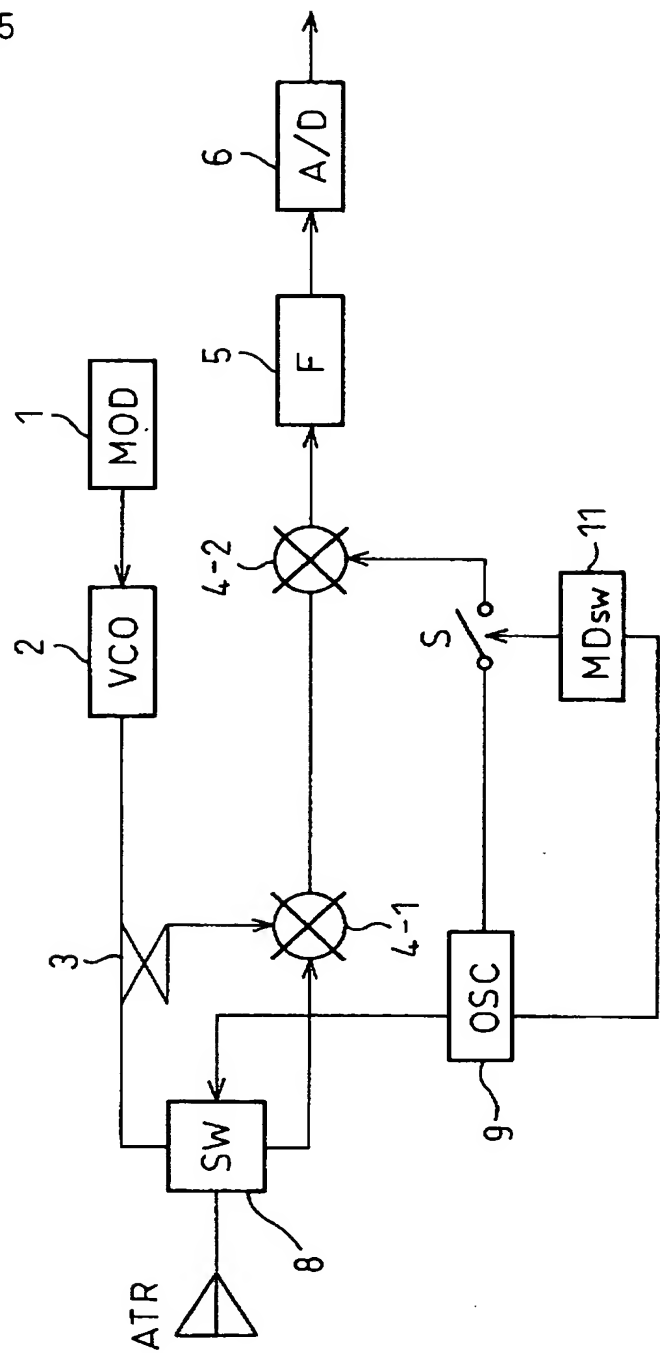
【図 14】

図 14



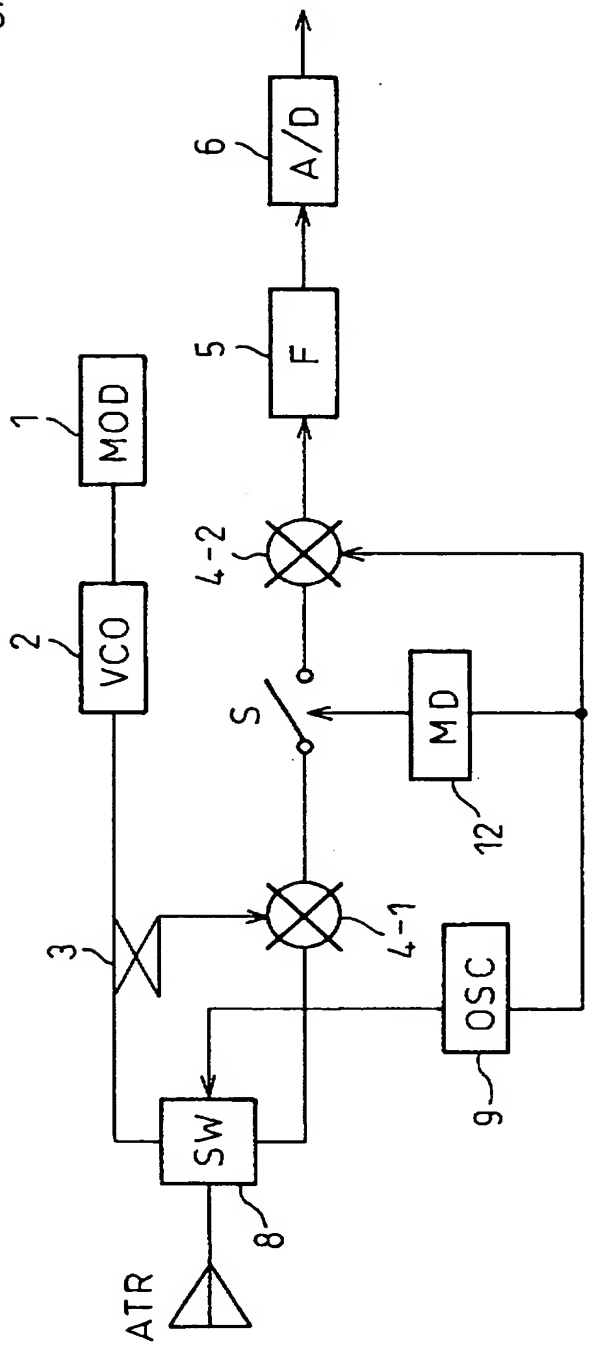
【図 15】

図 15



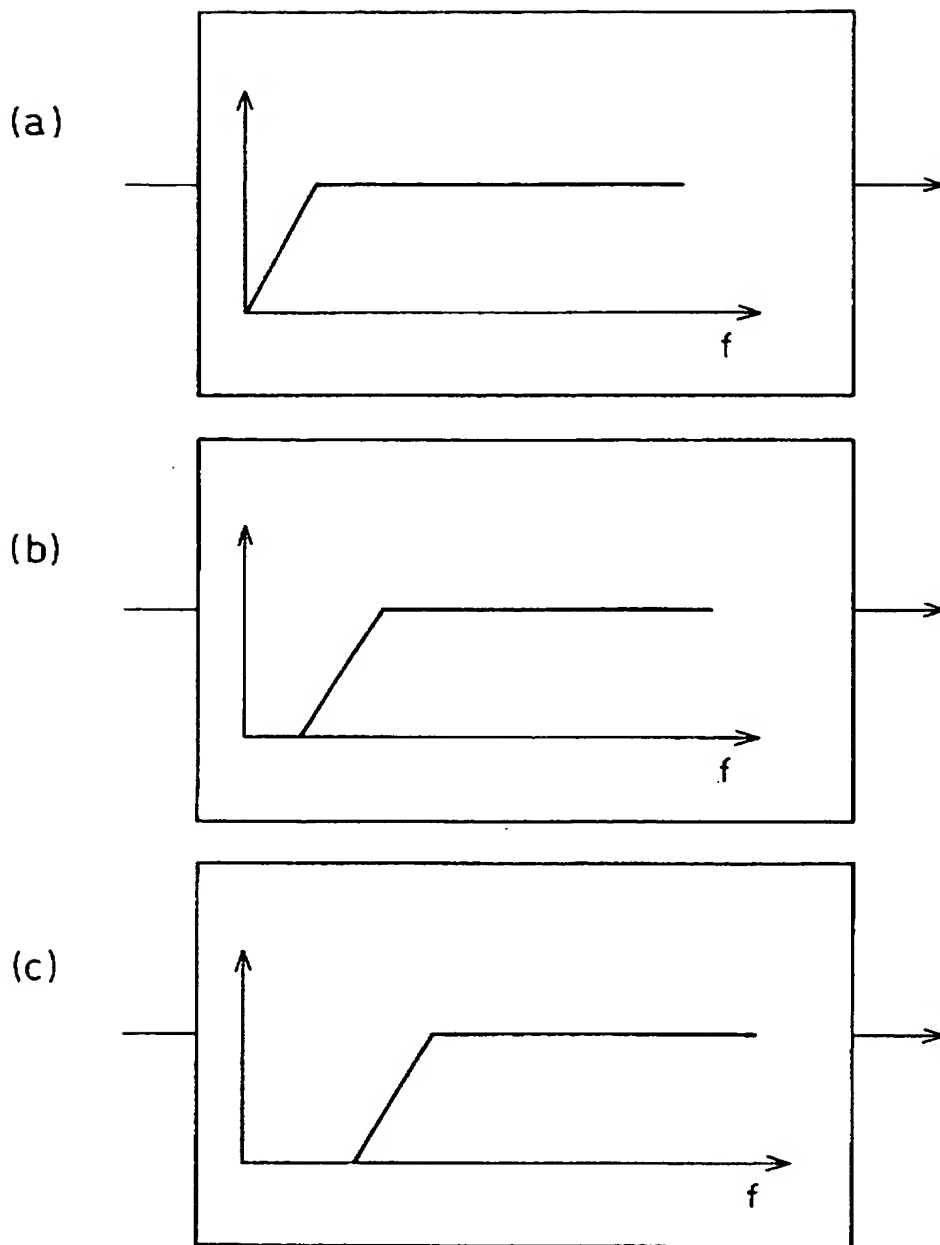
【図 16】

図 16



【図 18】

図 18



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 送受信共用FM-CWレーダ装置において、FM-AM変換ノイズを低減する。

【解決手段】 IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサの入力側にそれぞれに設けられた複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記IF信号を前記複数のスイッチによって異なるモードで選択し前記複数のミキサの各々に供給する。

また、IF信号をダウンコンバートする複数のミキサ、該複数のミキサのそれぞれのローカル信号のデューティ比又は位相を制御する複数のスイッチ、及び該複数のスイッチを異なるモードでオン、オフ制御するスイッチ制御部を備え、前記複数のミキサの各々が異なるモードのローカル信号で前記IF信号をダウンコンバートする。

【選択図】 図7

特願 2 0 0 3 - 0 7 8 2 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 7 5 9 2]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号

氏 名

富士通テン株式会社